

# Design and Optimization of Plane Microstrip Fractal Antenna Based on Y Structure

(Shenyang Institute of Technology, LihuaFu)

## Abstract

Self-similarity and fractal dimension are the special features of fractal graphics, which can be applied to improve the design of antenna. Compared to general antenna, fractal antenna has two distinct advantages: smaller size and multiple bands.

In this paper, a design of plane microstrip fractal antenna which based on Y structure, was proposed and researched the relations between parameters of antenna about the angle, length, orders and sum of the structure branch. In order to get the optimal design, they would be modified one by one and the parameters would be changed during simulating. Especially focusing on the following results of the antenna, such as the resonance frequency, the reflection coefficient, the radiation patterns, radiation characteristics and gain etc.

The results of simulation showed that the design could reduce the size with high efficiency, which based on the fractal Y structure. It is proved that the design is suitable for the miniaturization of antenna.

Key words: Microstrip Antenna; Fractal Y Structure; Optimization, Miniaturization

## 一种基于 Y 分形的平面微带天线设计与优化

沈阳工学院，付丽华

### 摘要

分形图像最基本的特征是自相似特性与分数维，该特性可以很好地应用于天线设计。与传统天线相比，分形天线表现出两个突出的优势：减小天线尺寸和使天线在多频带下工作。

本文描述了一种利用 Y 分形结构作为基底的微带贴片天线的设计，通过改变结构分支的角度、长度、分形阶数、分枝数量的等参数，对分形天线进行仿真，重点研究谐振频率、反射系数、方向图和辐射特性、增益随分形参数的变化关系，从而达到最佳的设计效果。

仿真结果表明，基于 Y 分形结构的天线在尺寸缩减的同时，具有较高的天线效率，适合于天线的小型化设计。

**关键词：**微带天线；Y 分形结构；优化设计；小型化

## 1 引言

“分形”这一概念是由法国数学家 B.Mandelbrot 于 1975 年首次提出的，“分形 (Fractal)”这个名词源于拉丁文的“破碎”。分形具有两大主要特征：自相似性和空间填充性(即分数维)。

分形技术是得益于数学上分形物体的一些特殊性质发展起来的，通过简单的递归算法进行多次迭代，便可以生成分形图形或者分形物体，并且局部与整体具相似的结构。分形的特性之一就是“分数维”。这种特性使得分形能够在很小的体积内充分的利用空间，也是他能够用于天线小型化设计的一个关键原因。

在本文中，设计一种基于 Y 分形结构的小型化微带贴片天线，利用 Y 分形结构替代了微带天线原来的接地面，使得天线尺寸大幅缩减，这种新型的小型化天线，可以满足无线通信设备中小型天线的需求，特别是在 UHF 和 VHF 频段的 RFID 射频标签中具有很好的应用价值。

## 2 Y 分形结构天线设计

分形拓扑是一种很好的分析复杂问题以及混沌问题数学方法，有着独特的自相似特性，使分形拓扑能在保持尺寸不变的情况下形成新的结构。在微波天线设计中，分形方法是一种实现结构小型化、多工作频率以及拓展频率带宽的有效途径。

Y 分形结构天线是一种平面的结构，通过对基本单元进行重复的仿射变换构造而成，基本单元结构如图 1 的(a)所示。其基本单元为三条微带线，分别为主干 M，左侧分枝 L 和右侧分枝 R，对应的长度变量分别为 LM，LL 和 LR，主干与分枝的夹角均为  $45^\circ$ ，线宽度变量为 LW。三个变量在每一阶微带线长度比例相同，第一阶为初始值。

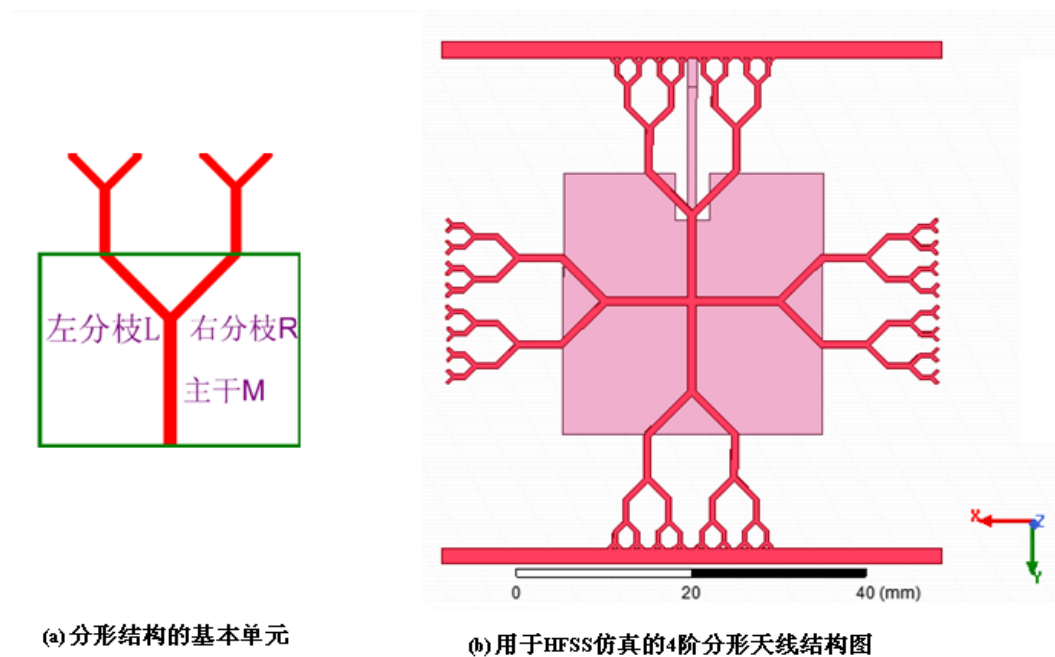


图 1 分形天线基本结构和 4 阶初始分形天线结构图

图 1(b)为用于 HFSS 仿真的 4 阶分形结构天线图，分形平面微带天线包括两层金属层，金属层厚度为  $100\ \mu\text{m}$ ，介质基板为  $h=470\ \mu\text{m}$  的 FR4 板材，介电常数为  $\epsilon_r = 4.4$ ，设置的测试点为 10 个。其正面为一个微带线馈电的传统贴片天线，底面则使用一个 4 阶的 Y 分形结构替代了大部分的接地面。

### 3 仿真及参数优化

#### 1. 4 阶初始天线结构的仿真

在图 1(b)所示的结构中，参数值分别为  $LM=10\text{mm}$ ， $LL=7.07\ \text{mm}$ ， $LR=7.07\text{mm}$ ， $LW=1\text{mm}$ 。第一阶结构由 4 个基本单元即 12 条微带线构成。第二阶微带线数量为 24 条，以此类推，在第  $(k+1)$  阶结构包含  $12 \times 2^{(k-1)}$  条微带线。每个单元的起点为上一阶的终点。在比例不变的情况下，随着阶数的增加，Y 分形天线结构的总体尺寸将无限接近  $2(3LM) \times 2(3LM)$ ，即  $60\text{mm} \times 60\text{mm}$ 。该结构的仿真结果如图 2 所示。

从仿真结果可以看出，该天线具备较好的 E 方向图，而且在  $0.8\text{GHz} \sim 5\text{GHz}$  的频率范围内呈现出多带隙特性，这一点与传统平面天线不同。

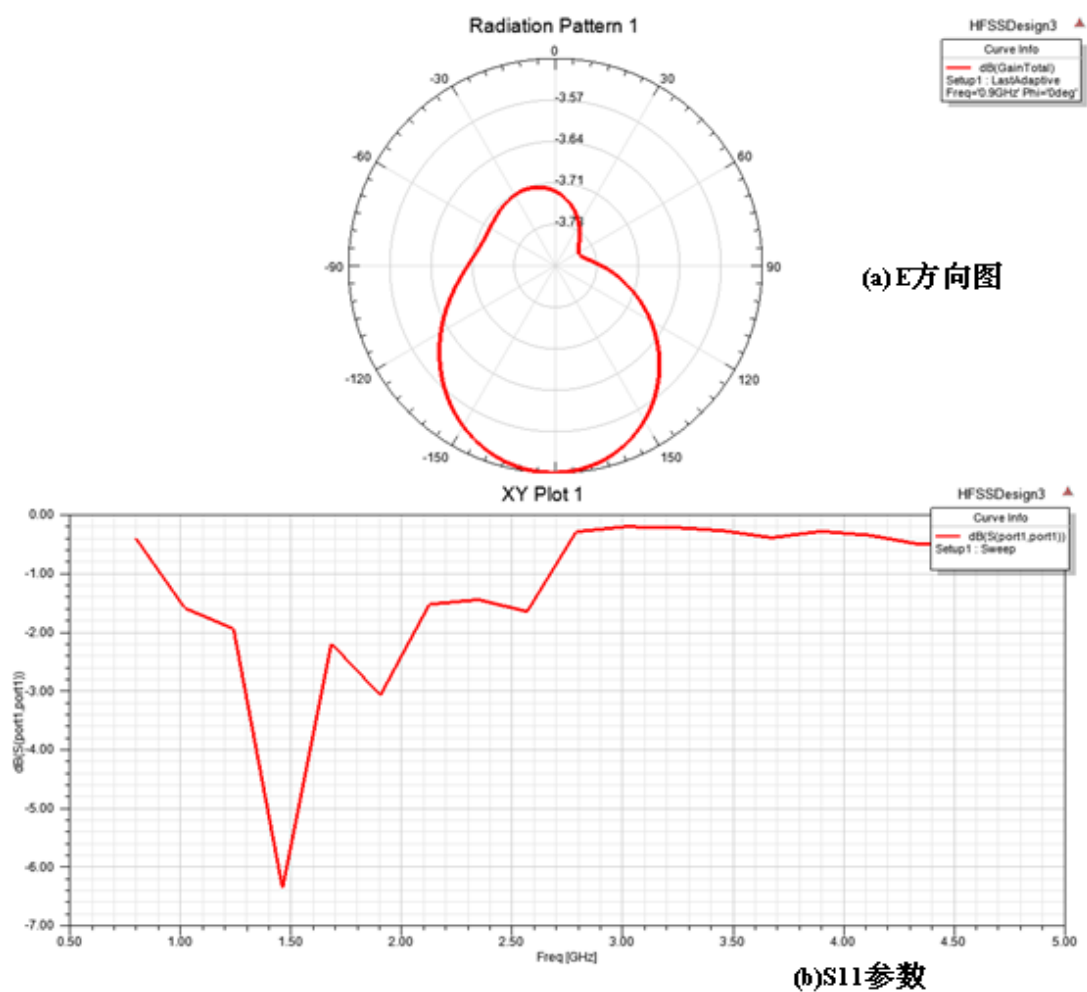


图 2 4 阶初始分形天线构的仿真结果

## 2. 减小天线尺寸的结构仿真

根据仿真结果，将第一阶的 LM 调整为 2.22mm，整体天线的尺寸减小为 40mm×40mm，其余阶的参数及馈电位置均保持不变，E 方向、H 方向和 3D 极坐标图的仿真结果分别如图 3 的(a)、(b)和(c)所示。

从图中可以看出，电磁场的参数均有所改善，尤其是天线的主瓣增大，副瓣减小。

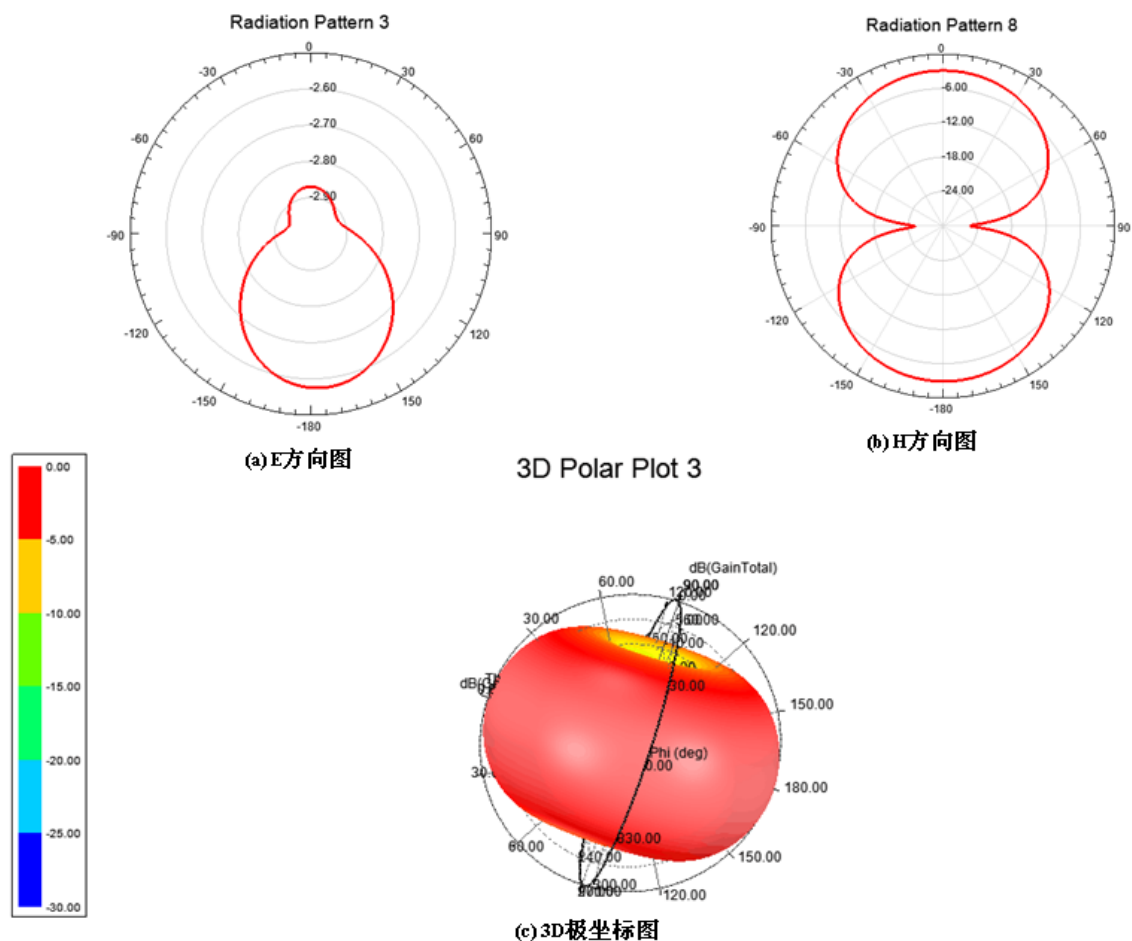


图 3 减小天线尺寸的仿真结果

### 3. 增加天线分枝的天线结构和仿真

在图 3 仿真结果的基础上，在基本单元结构中增加一个 Y 形结构的分枝，其余参数均不变，构成新的天线，结构图和仿真结果分别如图 4 的(a)和(b)所示。

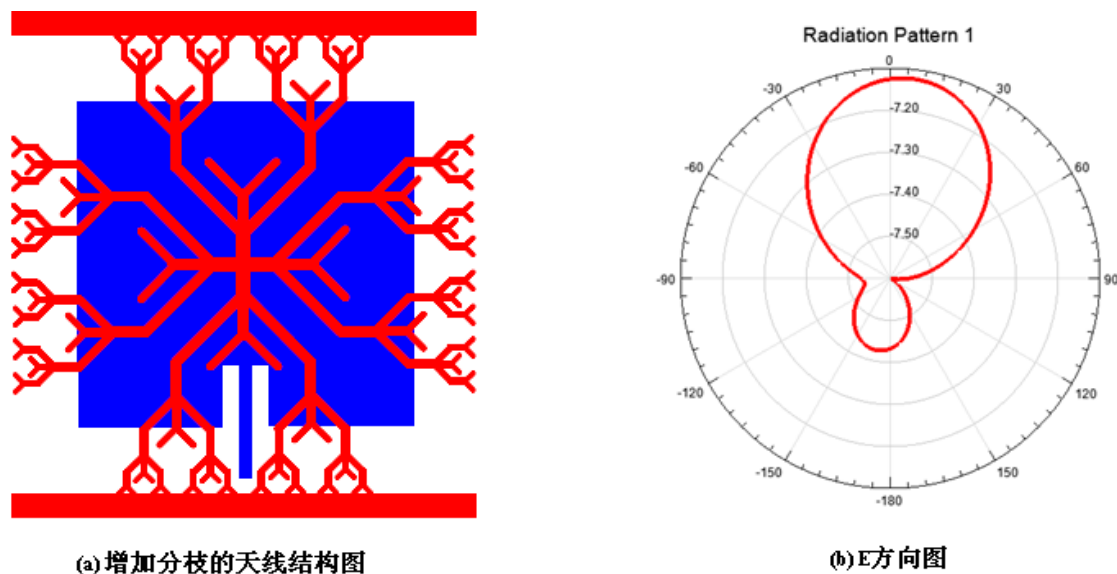


图 4 增加天线分枝的结构图和部分仿真结果

从仿真结果可见，相对有副瓣，主瓣明显增大，但是随着分形基本单元结构的改变，E 方向图的参数变小，可见分枝的数量对天线的结果影响较大，因此分形基本单元结构

不宜复杂。

**4. 减小分形基本单元结构中的参数 LM 的值**

在图 4(a)中，调整参数 LM 的值，即仅保留第一阶的 LM 为 2.2mm，其余各阶中 LM 均为 0mm，并减少了部分左右分枝的数量，其余参数保持不变，结构如图 5(a)所示，此时天线的整体结构尺寸仅为 25mm×28mm，此时反射面几乎与分形结构大小一致，其仿真结果为图 5 中的(b)和(c)所示。

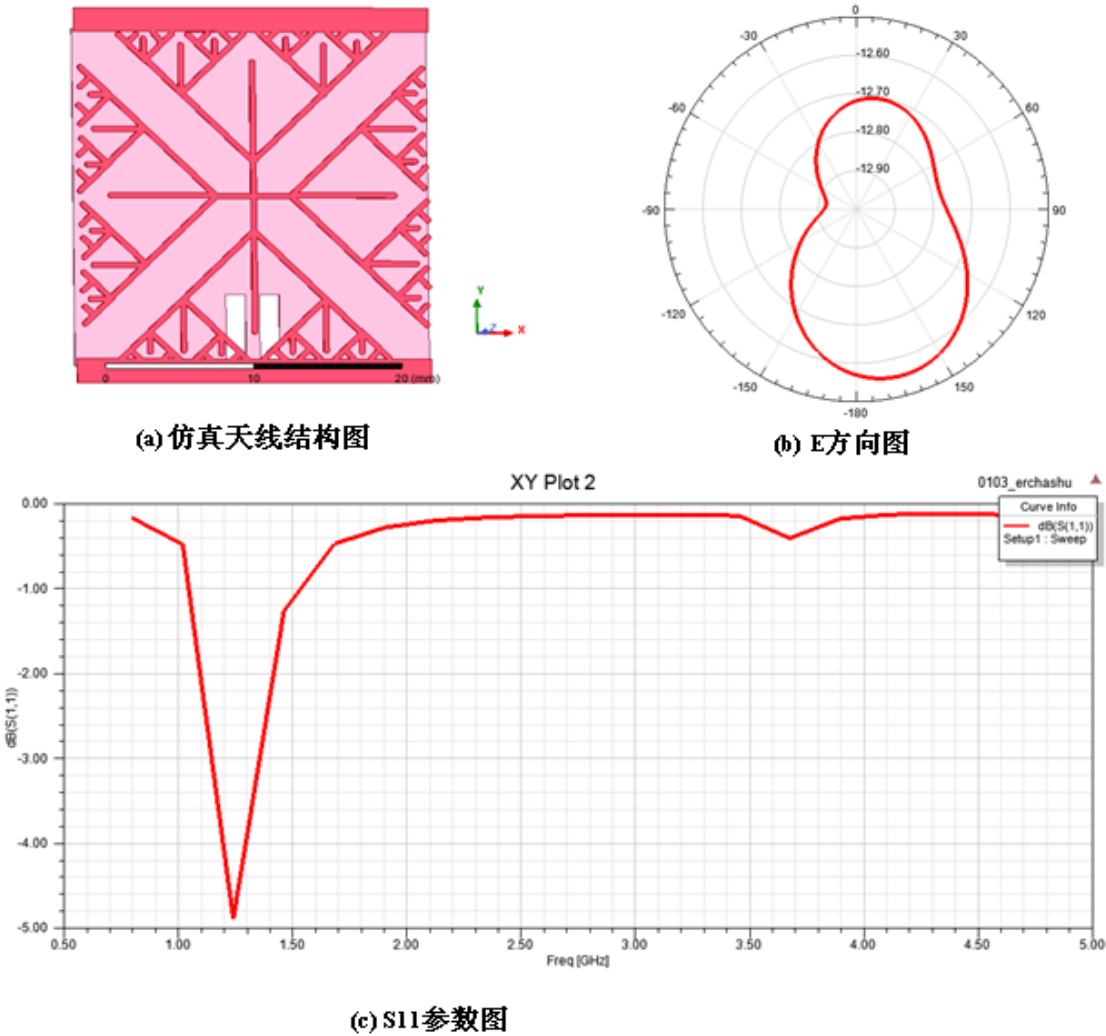


图 5 增加天线分枝的结构图和部分仿真结果

从图 5 的仿真结果可见，对比图 4 的结果，副瓣明显增加，主瓣明显减小，天线性能呈现削弱趋势，但频率的选择性增强，在 1.25GHz 附近，形成较好的谐振，多带隙特性明显减弱。

**5. 减小反射面的结构与仿真**

将图 5 中(a)结构的反射面减小到 15mm×15mm，其余参数均保持不变，其仿真结果表明 E 方向和 H 方向参数均有所改善，但 S11 的结果中，呈现出多带隙特性。

**6. 介质厚度对天线参数的影响**

在仿真结果 2 的基础上，调整介质的厚度，介质的厚度改为 1mm，即使用厚度为 1.2mm 的 FR4 板材，在 0.8GHz~5GHz 的频率范围内设置 100 个测试点，其余参数均不

变，天线结构如图 6(a)所示，进行天线的仿真，结果见图 6 的(b)、(c)和(d)。

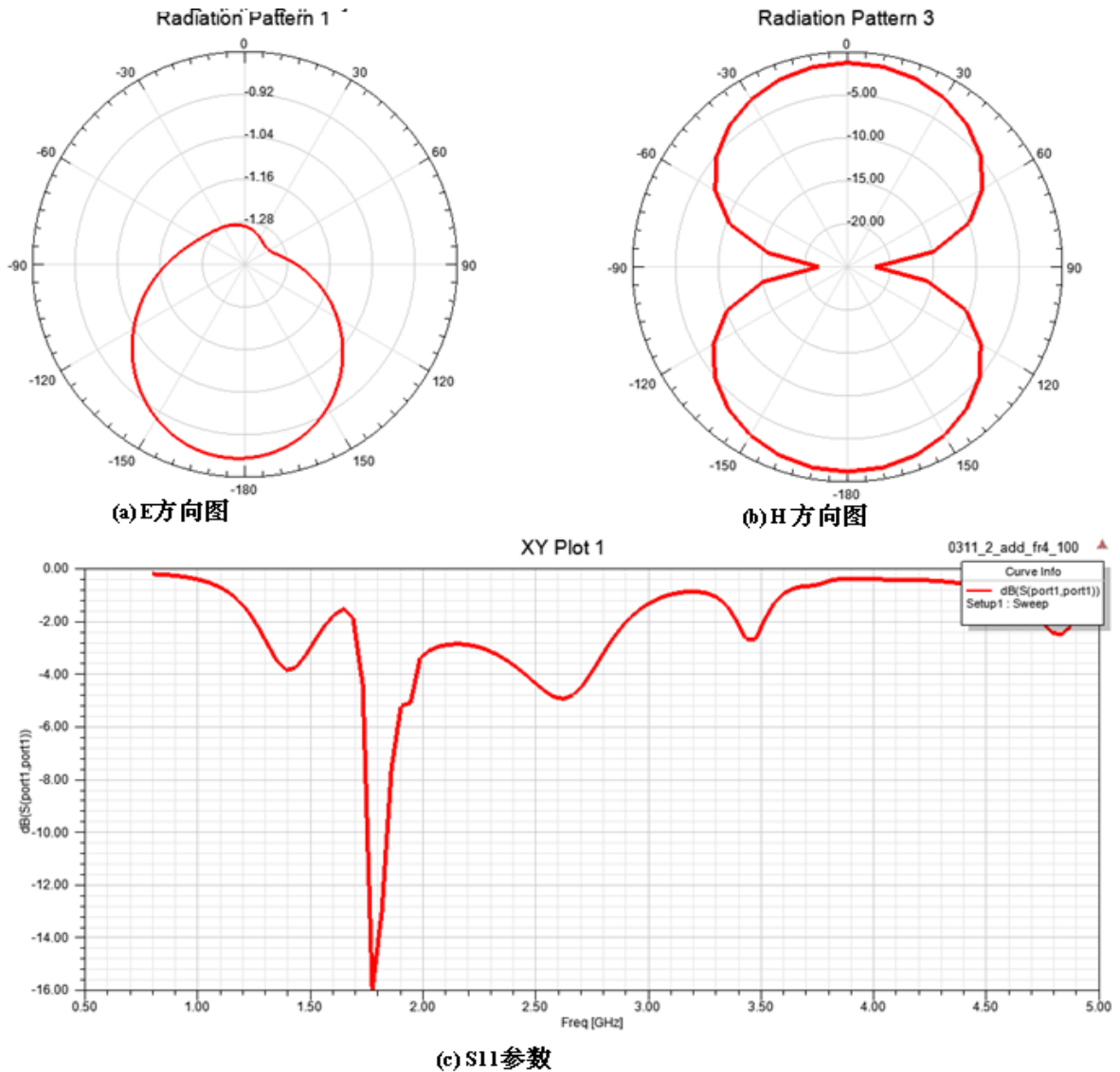


图 6 介质厚度对于天线的参数的影响仿真结果图

对比仿真结果 2 可见：

E 方向和 H 方向的参数明显增大，天线性能有所提升，但是介质的厚度对天线的性能较大是 S11 的影响较大，多带隙特性明显增强。

## 4 结论

本文描述了一种利用 Y 分形结构作为基底的微带贴片天线的设计和优化，通过改变结构分支的角度、长度、分形阶数、分枝数量的等参数，对天线进行仿真，从而得到对 Y 分形天线的优化方法和方向。

仿真结果表明：

(1) Y 分形天线具有较好的方向图、增益和频率特性，因此参数可以满足射频天线的要求，且在一定条件下具有多带隙特性。

(2) 与传统的天线比较，Y 分形结构天线具有较小的尺寸，并具有类似于偶极子天

线的全向方向图，适合小尺寸、低增益的应用。

(3) 较小第一阶的 Y 分形的 LM 的尺寸，可以在减小天线的尺寸的同时提示天线的性能。

(4) Y 分形的基本单元结构不宜复杂，增加分枝数量会影响 S11 的参数，有效提高频率特性，但是会降低天线的增益。

(5) 天线的基板的介质厚度，对天线的参数影响较大，增加介质厚度，有利于提高增益，但是同时多带隙特性明显增强，会影响频率特性。

总之，本设计中的 Y 分形结构天线与传统的天线相比，在天线尺寸和多频带方面具有明显的优势和特点，因此可以为射频天线的小型化、低功耗应用提供一种新的解决方案。